

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی اثر توأم تنش آبی و آبیاری با پساب فاضلاب شهری بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه تریتیکاله

علی شهیدی^{۱*}، فاطمه فراتی^۲، عباس خاشعی سیوکی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۴/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۶/۲۰

چکیده

فاضلاب‌های شهری متداول‌ترین منابع قابل احیاء برای جبران کمبود آب در مناطق خشک محسوب می‌شوند. با توجه به کمبود شدید منابع آب در کشور ایران، به‌کارگیری و بهره‌برداری از فاضلاب‌های شهری و تصفیه آن در بخش کشاورزی و آبیاری، روشی مؤثر در برطرف نمودن نیاز آبی گیاهان می‌باشد. بنابراین آبیاری گیاهان علوفه‌ای با فاضلاب مقرون به صرفه است. قالب طرح آزمایشی کرت‌های خردشده به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بیرجند اجراء شد. با چهار سطح آبیاری (I، I.W، I-W، WW) که به‌ترتیب شامل (آب چاه ۱۰۰٪، تناوب، مخلوط آب چاه ۵۰٪ + فاضلاب ۵۰٪، فاضلاب ۱۰۰٪)، به‌عنوان فاکتورهای اصلی و همچنین، مقدار آب آبیاری با سه سطح (I₁₀₀، I₇₅، I₅₀ درصد) نیاز آبی به‌عنوان فاکتورهای فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که فاضلاب تصفیه شده همراه با تنش آبی ۷۵٪ تأثیر معنی‌دار بر افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد سنبله در متر مربع و پروتئین دانه نشان داده است. فاضلاب تصفیه شده با نیاز آبی ۱۰۰٪ نسبت به دیگر تیمارهای آبیاری بالاترین عملکرد دانه با میانگین ۵/۴۴۴۶ تن در هکتار به دست آورده است. تأثیر توأم آب چاه و تنش کم آبی ۵۰ درصد باعث کاهش معنی‌دار صفات اندازه‌گیری گیاه تریتیکاله شده‌اند، ولی آب چاه موجب افزایش وزن هزار دانه گیاه شده است.

واژه‌های کلیدی: تریتیکاله، سازگاری با کم آبی، فاضلاب تصفیه شده، کشاورزی، مدیریت آبیاری

مقدمه

که از آن‌ها به‌راحتی نمی‌توان استفاده کرد و برای به‌کارگیری آن‌ها نیاز به اعمال سیاست‌های مدیریتی و حفاظتی ویژه می‌باشد. امروزه کشاورزان باید با توجه به افزایش جمعیت و افزایش نیاز به غذا، کاهش به منابع آب و نیاز به انتقال آب در مسافت‌های طولانی، فاضلاب شهری را به‌عنوان منبع آب آبیاری نسبت به زمان دیگر مورد استفاده قرار دهند. فاضلاب تصفیه شده شهری برای کاهش کمبود آب برای آبیاری، افزایش راندمان مصرف آب و کاهش آلودگی منابع آب استفاده می‌شود (Galavi et al., 2010).

استفاده از پساب در آبیاری موجب کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک و افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک می‌گردد؛ تأثیر آبیاری با پساب بر میزان کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع، در خاک درشت‌دانه کم‌تر از خاک ریزدانه می‌باشد. دلیل این امر ناشی از گرفتگی منافذ ریز خاک توسط مواد معلق موجود در پساب در خاک‌های ریزدانه است (Karimzadeh, 2012). یکی از راه‌های مهم برای جلوگیری از مصرف نامناسب آب و صرفه‌جویی در منابع موجود آب برای کشاورزی استفاده از گیاهان مقاوم به تنش می‌باشد. در این

بحران آب یکی از مسائل اساسی مناطق خشک و نیمه خشک ایران است. بنابراین استفاده از آب‌های نامتعارف، در جایی که آب با کیفیت مناسب در دسترس نیست، رو به افزایش است. یکی از این منابع، فاضلاب‌های تصفیه شده است که علاوه بر تأمین آب می‌تواند بخشی از نیاز غذایی گیاه را نیز تأمین نماید (نریمانی و همکاران، ۱۳۹۲). با این شیوه نه تنها کمبود آب آبیاری تا حدی جبران می‌شود بلکه از آثار سوء تخلیه بی‌رویه فاضلاب‌ها و خسارت‌های ناشی از آن به محیط زیست و آب‌های زیرزمینی نیز جلوگیری می‌شود (ناظری و همکاران، ۱۳۸۴). منابع آب‌های نامتعارف به آب‌هایی گفته می‌شود

۱- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

۳- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

*- نویسنده مسئول: (Email: ashahidi@birjand.ac.ir)

(سلمانی، ۱۳۹۰). تربیتکاله به دلیل داشتن پروتئین بیشتر و ترکیب متعادل تری از آمینواسیدها و به ویژه سریع بودن رشد مجدد آن بعد از چرانیدن از لحاظ تغذیه و تعلیف دام می تواند جانشین غلات دیگری چون ذرت، گندم، چاودار، جو و ذرت خوشه ای بشود. اگر چه تربیتکاله مشابه گندم و جو دامنه وسیعی از شرایط محیطی پاسخ می دهد ولی امتیاز عمومی آن تحت شرایط تنش است. در مناطقی که تنش های غیرزنده نظیر خشکی، pH خیلی زیاد، شوری، کمبود و کمیت عناصر کمیاب قابلیت دارد، تربیتکاله در مقایسه با سایر غلات زراعی رقابت بسیار خوبی دارد (سلمانی، ۱۳۹۰). مخلوط آرد گندم با آرد تربیتکاله علاوه بر کاهش گندم مصرفی و ایجاد ارزش افزوده برای سایر غلات می تواند ارزش تغذیه ای را نیز افزایش دهد (پایان و همکاران، ۱۳۹۰). در یک آزمایش نشان دادند که آبیاری گندم با آب فاضلاب باعث افزایش تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه می شود (Pandey et al., 2015). آب فاضلاب علاوه بر تغذیه مناسب گیاه، از طریق افزایش ماده آلی خاک و بهبود خصوصیات فیزیکی خاک نیز می تواند باعث افزایش رشد و عملکرد گیاهان شود (Castro et al., 2011). آبیاری با فاضلاب تصفیه شده شهری به دلیل وجود مواد مغذی موجود باعث افزایش رشد، عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت می شود. حداکثر سرعت رشد و عملکرد ذرت در آبیاری با آب چاه به دست آمده و پساب تصفیه خانه فاضلاب شهری نسبت به آبیاری با آب چاه و فاضلاب در کل دوره رشد استفاده شد. فاضلاب تصفیه شده به دلیل داشتن مواد مغذی غنی و مواد آلی می تواند تأثیر مثبتی در عملکرد و رشد ذرت داشته باشد (Mousavi et al., 2014). براساس نتایج بدست آمده پساب فاضلاب شهری علاوه بر کاهش شوری خاک ۴۵ درصد مقدار اولیه خاک قبل از کشت، باعث افزایش نیترات و سولفات خاک و همچنین عناصر اصلی خاک شده و افزایش درصد مواد آلی خاک که نتیجتاً بهبود وضعیت خاک را شامل شده است (خاشعی و همکاران، ۱۳۹۵). نتایج برخی پژوهش ها نشان می دهد که در مراحل انتهایی رشد و پیری گیاه مانند خوشه دهی، رسیدگی دانه و غیره میزان پروتئین محلول کل سلول در اثر تنش های زنده غیر زنده مانند نور شدید و کم آبی و خشکی کاهش می یابد (Ohe et al., 2005). در واقع شدت، زمان و مدت تنش رطوبتی در پنبه می تواند تأثیرات متفاوتی بر رشد و عملکرد آن داشته باشد. در شرایط تنش رطوبتی کاهش عملکرد عمدتاً به دلیل کاهش تعداد غوزه ایجاد می شود که این کاهش به کم شدن تعداد گل و سقط غوزه های تشکیل شده به ویژه در تنش های شدید زمان رشد رویشی مربوط می شود (Pettigrew et al., 2004). تنش کم آبی، بازدارنده عملکرد سورگوم علفه ای بوده و تأثیر نامطلوبی بر عملکرد و پروتئین خام و درصد الیاف خام علفه داشت. رقم پگاه تحت شرایط اعمال تنش آبی، عملکرد کمی و کیفی بیشتری نسبت به رقم اسپیدفید از خود نشان داد (عبدی و همکاران، ۱۳۹۶).

راستا یافتن میکانیسم های مقاومت به خشکی در جهت غربال نمودن و انتخاب ارقام مناسب حائز اهمیت است، زیرا تنش خشکی عامل اصلی خسارات شدید در بیشتر محصولات گیاهی می باشد و یکی از مهمترین عوامل تنش زای محیطی است که رشد و نمو گیاه را تحت تأثیر قرار می دهد (ارجی، ۱۳۸۲). تنش خشکی زمانی در گیاه حادث می شود که میزان آب دریاقتی گیاه کمتر از تلفات آن باشد. این امر ممکن است به علت اتلاف بیش از حد آب یا کاهش جذب و یا وجود هر دو مورد باشد (شاهسوند حسنی و همکاران، ۱۳۸۱). در ایران هم افزایش جمعیت در کنار افزایش، نسبت جمعیت شهری به روستایی و بهبود سطح زندگی سبب نیاز بیشتر به پروتئین و فرآورده های دامی شده است که کمی تولید آنها سبب صرف مقادیر زیادی ارز در جهت واردات آن ها می شود. راه حل اساسی برای رفع این کمبود افزایش تولید این فرآورده ها است که به نوبه خود افزایش تولید علوفه و خوراک دام را طلب می کند. کمبود علوفه در کشور سبب فشار بیش از حد به مراتع شده و تخریب آن ها را پی داشته است. بنابراین، کشت و کار گیاهان علوفه ای می تواند راهکار مناسبی برای گریز از مشکل علوفه و نتیجه های ناشی از آن باشد در اقتصاد کشور ارزش حیاتی دارد (مرادی، ۱۳۸۹). ایران یکی از مهمترین مراکز تنوع گیاهان علوفه ای است. بر پایه آمارهای وزارت جهاد کشاورزی، از ۳۰ استان کشور، ۲۶ استان توانایی تولید انواع علوفه دارند که این به گوناگونی اقلیمی و تنوع گیاهان علوفه ای بر می گردد. گیاهان علوفه ای در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵، سطح برداشت حدود ۱/۰۴ میلیون هکتار معادل ۹/۴۴ درصد از محصولات زراعی کشور متعلق به نباتات علوفه ای بوده که از این مقدار اراضی (کشت آبی ۹۲/۹ درصد و کشت دیم ۷/۱ درصد) است. کل میزان تولید نباتات علوفه ای، حدود ۲۰/۲ میلیون تن معادل ۲۴/۵۵ درصد از کل میزان تولید محصولات زراعی در سال مزبور می باشد. از این میزان تولید (اراضی آبی ۹۸ درصد و اراضی دیم ۲ درصد) است (آمارنامه جهاد کشاورزی ۹۶-۱۳۹۵). از بین غلات پاییزه، تربیتکاله به علت داشتن پتانسیل کمی و کیفی بالا به عنوان یک گیاه علوفه ای مورد توجه قرار گرفته است (Ciha., 1983). تربیتکاله اولین دانه غلات ساخته دست بشر است که در سال ۱۸۷۶ از تلاقی بین گندم و چاودار حاصل شد. کمتر از یک قرن تربیتکاله از یک موضوع تحقیقاتی به یک گیاه جدید و عملاً با ارزش تغییر یافت. ورود تربیتکاله به ایران در سال ۱۳۴۸ بر می گردد. تحقیقات در ابتدا بر روی این محصول در کرج و چند ایستگاه دیگر آغاز شد ولی به دلیل عدم رقابت با گندم از نظر عملکرد و چروکی دانه مورد توجه قرار نگرفت. در سال های جدید با ورود تکنولوژی تحقیقاتی داخل کشور و دسترسی به ارقام جدید پیشرفت جدیدی در رابطه با این محصول آغاز شد و در سال های اخیر از سال زراعی ۱۳۸۱ به دلیل انسجام بیشتر، بخش بیشتر فعالیت های تحقیقاتی این محصول به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی واگذار گردید

اهداف این پژوهش عبارتند از:

- بررسی عملکرد و اجزاء کمی و کیفی عملکرد تربیتکاله رقم (پاژ) در منطقه بیرجند.
- بررسی عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه تربیتکاله تحت آبیاری با پساب فاضلاب تصفیه شده بیرجند.
- تعیین مدیریت بهینه‌ی آبیاری گیاه تربیتکاله تحت شرایط تنش خشکی.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در اراضی کشاورزی تصفیه خانه فاضلاب بیرجند در شمال غرب این شهر در زمینی به مساحت ۶۰ هکتار، در کیلومتر ۹ جاده‌ی بیرجند- کرمان، با طول جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی و با عرض جغرافیایی ۵۹ درجه و ۶ دقیقه شرقی و در ارتفاع ۱۴۱۲ متر از سطح دریا قرار گرفته است؛ انجام شده است. ظرفیت نهایی تصفیه‌خانه شهر بیرجند در پایان دوره طرح معادل ۹۲۰ لیتر در ثانیه پیش‌بینی شده است. بخش اعظم این ظرفیت به واحد پلت راکتور و باقیمانده به واحد اسمز معکوس اختصاص می‌یابد. بر این اساس ظرفیت کل این تصفیه‌خانه در ابتدای طرح معادل ۶۴۰ لیتر در

ثانیه طراحی شده است. تصفیه‌خانه آب شرب شهر بیرجند شامل واحدهای سختی‌گیری، واحد زلال‌سازی لاملا، تغلیظ لجن، بستر لجن خشک کن، واحد تنظیم pH واحد صاف‌سازی (فیلتراسیون)، واحد ریکووری، واحد هوادهی و واحد فیلتر غشایی می‌باشد. اجزاء تصفیه خانه شامل: آشغالگیر دهانه درشت، تلمبه خانه ورودی، آشغالگیر دهانه ریز، دانه‌گیری با هوادهی، پارشال فلوم، واحد هوادهی، ته‌نشینی نهایی و تانک تماس کلر می‌باشد. در فصول آبیاری پساب خروجی برای کشاورزی استفاده می‌گردد و در فصول غیر آبیاری به نزدیکترین مسیل تخلیه می‌گردد. میانگین بارندگی دراز مدت شهر بیرجند ۱۲۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه ۱۶/۶ درجه سانتی‌گراد و میانگین سالانه تبخیر ۲۴۶۵ میلی‌متر است. انتخاب و آماده‌سازی قطعه زمین مناسب برای اجرای طرح در سی‌ام مهر ماه ۱۳۹۷ انجام پذیرفت. از دوم آبان ماه ۱۳۹۷ لغایت ۱۰ خرداد ۱۳۹۸ مراحل کاشت، داشت و برداشت محصول ادامه داشت. به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از آماده‌سازی زمین نمونه‌های خاک از اعماق ۰-۴۰ برداشت و برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنها تعیین گردید که خصوصیت فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ ارائه گردید.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

عمق (Cm)	ماده آلی %	سیلت %	رس %	شن %	بافت خاک	پتاسیم meq/lit	Ec dS/m	pH	وزن مخصوص	رطوبت اولیه خاک	ظرفیت زراعی
۰-۴۰	۰/۵	۴۶	۲۲	۳۲	لومی	۲۶%	۸/۷۶	۷/۶	۱/۴۵	۱۹/۰۱	۳۳/۴۱

جدول ۲- مشخصات کیفیت آب چاه و آب فاضلاب

پارامتر	واحد	آب چاه	آب فاضلاب
Ec	dS/m	۵/۸۲	۲/۸۴
pH	-	۷/۹۳	۸/۰۷
نیترژن کل	mg/l	-	۶۰
سدیم	mg/l	۳۸۰	۳۲۵
آهن	mg/l	۰/۰۱۱	۰/۱۱۹
روی	mg/l	۰/۰۰۹	۰/۰۴۵
منیزیم	mg/l	۱/۲۸	-
آهن	mg/l	۰/۰۱۱	۰/۱۱۹
روی	mg/l	۰/۰۰۹	۰/۰۴۵
BOD ¹	mg/l	-	۸۴
COD ²	mg/l	-	۱۷۴

به آزمایشگاه ارسال گردید. و نتایج آن در جدول در جدول ۲ ارائه گردید. طبق نتایج به‌دست آمده از آزمایشات کیفیت پساب خروجی

برای بررسی کیفیت آب آبیاری در سی‌ام مهرماه ۱۳۹۷ و قبل از اجرای عملیات کاشت نمونه‌ای از آب چاه، پساب تصفیه شده در تصفیه خانه فاضلاب شهر بیرجند تهیه و جهت انجام آزمایشات لازم

حسب درصد وزنی، B_d وزن مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب، MAD ؛ ضریب تخلیه مجاز مدیریتی بر حسب درصد می‌باشند، F ؛ ضریب نیاز آبی گیاه بر حسب درصد در ضریب تخلیه مجاز ۵۵٪ و عمق توسعه ریشه گیاه ۴۰ سانتیمتر در نظر گرفته شد (لکزاده، ۱۳۹۲). نیاز آبی گیاه برای یک دوره آبیاری ثابت، با استفاده از روش فائو پنمن مانیتیت و با استفاده از نرم‌افزار کراپ وات تعیین گردید. فاصله آبیاری به‌صورت ثابت ۱۰ روز انتخاب شد. در نهایت عمق آب مورد نیاز برای تیمار آبیاری کامل (تیمار شاهد) تعیین و سپس براساس ضرایب ۷۵٪ و ۵۰٪ عمق آب، تنش آبی را در کرت‌های آزمایشی اعمال شد. در پایان فصل و بعد از رسیدگی فیزیولوژیکی طی یک روز در تاریخ ۱۳۹۸/۰۳/۱۰ اقدام به برداشت از داخل هر کرت گردید. برداشت به‌صورت دستی و توسط کارگر انجام گردید. برای جلوگیری از اثرات حاشیه‌ای از یک متر مربع وسط هر کرت بوته‌ها از سطح زمین برداشت شدند.

نتایج و بحث

عملکرد کمی و کیفی گیاه تربیتکاله تحت سطوح مختلف آبیاری با نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس عملکرد، اجزاء عملکرد و درصد پروتئین دانه در جدول ۳ ارائه گردیده است.

تصفیه خانه فاضلاب شهر بیرجند، با ضوابط و استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران جهت بکارگیری پساب در بخش کشاورزی، مقایسه صورت گرفت. نتایج نشان داد، پساب خروجی با استانداردها مطابقت داشته، و مورد استفاده قرار گیرد.

طرح آزمایشی مورد نظر بصورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار به مدت نه ماه در تصفیه خانه فاضلاب بیرجند انجام گردید. سطوح آبیاری این آزمایش عبارتند از: آبیاری با آب معمولی (I)، آبیاری با فاضلاب تصفیه شده (WW)، آبیاری یک در میان با آب معمولی و پساب (I.W)، آبیاری مخلوط (۵۰ درصد آب معمولی و ۵۰ درصد پساب) (I-W) و دارای سه سطح مختلف تنش آبی T_1 ، T_2 و T_3 به ترتیب ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی در نظر گرفته شد. در این طرح ابعاد کرت‌ها 2×2 (متر×متر)، و فواصل بین آنها 0.5 در نظر گرفته شده است. در این طرح برنامه‌ریزی آبیاری بر اساس روش بیلان رطوبتی خاک انجام گرفت. ابتدا با روش بیلان رطوبتی مقدار ظرفیت ذخیره آب در خاک را تعیین کرده و با داشتن نقاط رطوبتی ظرفیت زراعی و رطوبت اولیه خاک و وزن مخصوص ظاهری، از رابطه ۱ عمق قابل استفاده در خاک تعیین گردید.

$$I_x = (FC - \theta_i) \times B_d \times RZ \times MAD \times F \quad (1)$$

در این رابطه FC ؛ رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی بر حسب درصد وزنی، θ_i ؛ رطوبت اولیه خاک در عمق ۴۰ سانتی‌متری بر

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس عملکرد، اجزاء عملکرد و درصد پروتئین دانه تربیتکاله

میانگین مربعات (MS) صفات مورد بررسی								
منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	وزن هزار دانه	پروتئین دانه	تعداد سنبله در متر مربع	وزن خشک گیاه
تکرار	۲	$ns_{1/70}$	$ns_{1/70}$	$ns_{1/96}$	$ns_{14/72}$	$ns_{1/02}$	$30/57$	۲۹۱۶
تنش آبی	۳	$**_{7/01}$	$*_{4/00}$	$ns_{18/07}$	$ns_{11/99}$	$**_{2/08}$	$**_{41/68}$	$*_{3037}$
نوع آبیاری	۲	$**_{2/49}$	$*_{3/03}$	$ns_{1/33}$	$ns_{7/73}$	$**_{3/63}$	$**_{47/52}$	$*_{4000}$
تنش آبی*نوع آبیاری	۶	$6/93^{**}$	$7/73^{**}$	$ns_{14/22}$	$ns_{20/47}$	$1/25^{**}$	$66/63^{**}$	7737^{**}
ضریب تغییرات (CV)		۱۱/۸۱	۱۷/۴۶	۱۳/۴۸	۹/۷۸	۰/۱۳	۱۱/۴۳	۱۸

ns و ** و * به ترتیب معنی‌داری در سطح پنج درصد، یک درصد و عدم معنی‌داری

معنی‌دار داشت. اما تأثیر آن بر شاخص برداشت و وزن هزار دانه معنی‌دار نبود.

عملکرد دانه

در شکل (۱) عملکرد دانه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی نشان می‌دهد از نظر نوع آبیاری بالاترین عملکرد دانه مربوط به تیمار WW با میانگین $5/4464$ تن در هکتار و کمترین عملکرد دانه مربوط به

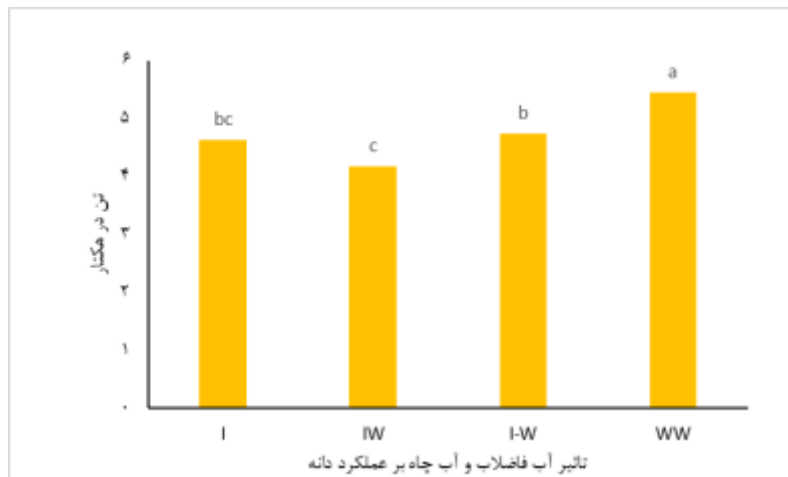
نتایج جدول (۳) نشان می‌دهد که نوع آبیاری در سطح ۱ درصد بر عملکرد دانه، پروتئین دانه و تعداد سنبله در متر مربع در سطح ۵ درصد عملکرد بیولوژیک و وزن خشک گیاه اثر معنی‌داری داشت. اما تأثیر آن بر شاخص برداشت و وزن هزار دانه معنی‌دار نبود.

مطابق آنچه که در جدول (۳) ملاحظه می‌شود، تنش آبی (T) در سطح ۱ درصد بر عملکرد دانه، پروتئین دانه و تعداد سنبله در متر مربع در سطح ۵ درصد بر عملکرد بیولوژیک و وزن خشک گیاه اثر

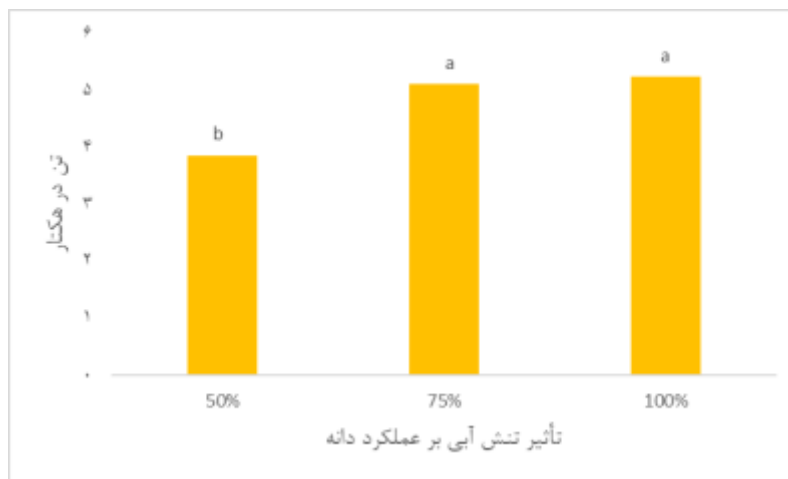
۵/۲۵۵۰ تن در هکتار و کمترین آن مربوط به تیمار I₅₀ با میانگین ۳/۸۶۸۰ تن در هکتار می‌باشد. بطوری که تیمار I₅₀ نسبت به تیمارهای I₁₀₀، I₇₅ بترتیب در حد ۲۶ و ۲۴ درصد کاهش تولید داشته است. در این راستا ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۴) گزارش کردند، تنش یکی از عمده‌ترین عوامل کاهش دهنده عملکرد دانه می‌باشد. تحت این شرایط، تنش به همراه درجه حرارت‌های بالا معمولاً رشد عملکرد دانه را به‌طور مؤثری کاهش می‌دهد.

تیمار I.W با میانگین ۴/۱۷۲۶ تن در هکتار بود. بطوری که تیمار I.W نسبت به تیمار WW دارای ۲۳ درصد کاهش تولید داشته است. در این خصوص یزدانی و همکاران (۱۳۹۶) طبق پژوهشی که روی گیاه جو انجام دادن نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، آبیاری گیاه جو با آب فاضلاب تصفیه شده شهری باعث افزایش عملکرد دانه نسبت به آب کشاورزی شده است.

مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه در شکل (۲) نشان می‌دهد که از نظر تنش آبی، بالاترین عملکرد مربوط به تیمار I₁₀₀ با میانگین



شکل ۱- عملکرد دانه تریتیکاله برای آبیاری‌های مختلف



شکل ۲- اثر عملکرد دانه تریتیکاله در تنش آبی

عملکرد بیولوژیک را نشان می‌دهد. که اگر این درصدها را با درصدهای کاهش مربوط به عملکرد دانه مقایسه کنیم می‌توانیم نتیجه بگیریم که اثر پساب بر کاهش عملکرد دانه بیشتر از کاهش عملکرد بیولوژیک بوده است. و یا به‌عبارت دیگر افزایش پساب، بیشتر سبب کاهش عملکرد دانه می‌شود تا عملکرد کاه. در این خصوص

عملکرد بیولوژیک

شکل (۳) نتایج تجزیه واریانس بالاترین عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار WW با میانگین ۱۹/۵۱۱ تن در هکتار و کمترین آن مربوط به تیمار I.W با میانگین ۱۵/۲۷۱ تن در هکتار می‌باشد. بطوری که تیمار I.W نسبت به تیمار WW در حد ۲۱ درصد کاهش

I₅₀ نسبت به تیمارهای I₁₀₀ بترتیب در حد ۱۷ درصد کاهش عملکرد بیولوژیک را نشان می‌دهد. در این خصوص باقری و همکاران (۱۳۸۰) عنوان کردند، کمبود آب در شرایط مزرعه‌ای باعث کاهش عملکرد بیولوژیک می‌شود و این موضوع از آنجا ناشی می‌شود که بخاطر آب از CO₂ راحت‌تر به بیرون هدایت می‌شود و کاهش آب به گیاه اجازه نمی‌دهد که بطور مرتب گیاه آب از دست رفته را جبران کند.

کاراندیش و همکاران (۱۳۹۲) طبق پروژه‌ای که انجام دادند عملکرد بیولوژیک نشان دهنده‌ی میزان کل ماده تجمع یافته در اندام هوایی گیاه در زمان برداشت می‌باشد.

از نظر تنش آبی (T)، مقایسه میانگین‌های عملکرد بیولوژیک در شکل (۴) نشان می‌دهد که بالاترین عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار I₁₀₀ با میانگین ۱۸/۵۴۳ تن در هکتار و کمترین آن مربوط به تیمار I₅₀ با میانگین ۱۵/۲۷۶۶ تن در هکتار می‌باشد. بطوری که تیمار



شکل ۳- عملکرد بیولوژیک در آبیاری‌های مختلف



شکل ۴- عملکرد بیولوژیک در تنش آبی

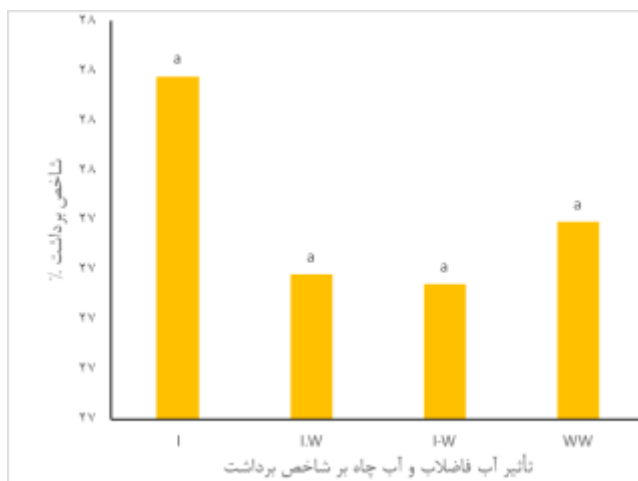
مربوط به تیمار I با شاخص برداشت معادل ۲۷/۹۷ درصد و کمترین درصد مربوط به تیمار I-W با میانگین ۲۷/۱۴ درصد نشان می‌دهد. تیمار I-W نسبت به تیمار I، ۳ درصد کاهش را نشان می‌دهد. در این راستا بدیعی و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند، میزان شاخص برداشت بر گندم نشان دهنده این بود، در تیمار آب چاه در حدود ۴۷/۶ درصد بیشتر از مقدار آن در تیمار آب فاضلاب تصفیه شده بود.

شاخص برداشت

شاخص برداشت بیان کننده چگونگی سهمیه بندی مواد پرورده بین اجزاء رویشی و دانه است (Sinclair et al., 1990). به عبارت دیگر این شاخص بیانگر میزان مواد فتوسنتزی اختصاص یافته به اندام اقتصادی گیاه نسبت به کل مواد تولیدی ذخیره شده در طول دوره رشد و نمو گیاه می‌باشد. با توجه به شکل (۵) بالاترین درصد

بیولوژیک در تیمار آب فاضلاب تصفیه شده باعث شد تا اختلاف بین میزان شاخص برداشت در این دو تیمار معنی‌دار نباشد.

علی‌رغم وجود اختلاف معنی‌دار بین میزان عملکرد دانه در تیمار آب چاه و آب فاضلاب تصفیه شده، افزایش نسبی میزان عملکرد

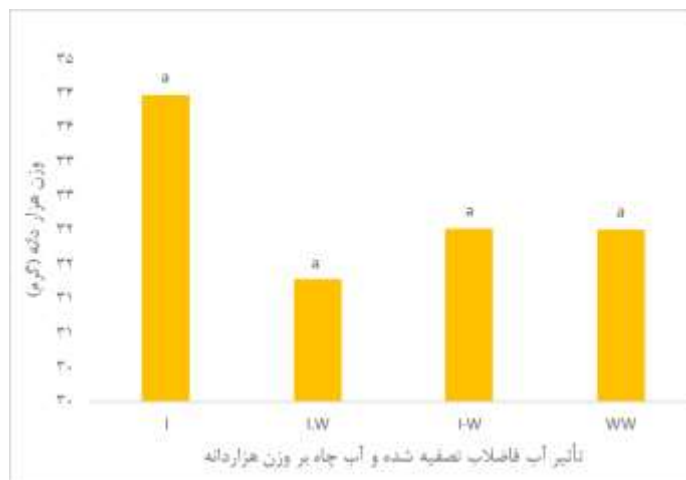


شکل ۵- شاخص برداشت در آبیاری‌های مختلف

تیمار I.W با میانگین ۳۱/۲۹ گرم می‌باشد. تیمار I.W نسبت به تیمار I در حد ۷ درصد کاهش وزن هزار دانه نشان می‌دهد. در این راستا بدیعی و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند، بالاتر بودن نسبی وزن هزار دانه در تیمار آب چاه می‌تواند به دلیل افزایش میزان فتوسنتز در شاخص سطح برگ در زمان پر شدن دانه‌ها در مقایسه با تیمار آب فاضلاب تصفیه شده باشد.

وزن هزار دانه

وزن هزار دانه یکی از شاخص‌های پایدار برای گیاهان زراعی بوده و بسیاری از پژوهشگران این پارامتر را یکی از خصوصیات ژنتیکی گیاه (Surekha et al., 2006) و تابع شرایط محیطی در زمان پر شدن دانه می‌دانند (Kausar et al., 1993). در بررسی اثرات آبیاری بر وزن هزار دانه بر طبق شکل (۶) بالاترین مقدار وزن هزار دانه مربوط به تیمار I با میانگین ۳۳/۹۸ گرم و کمترین آن مربوط به



شکل ۶- وزن هزار دانه در آبیاری‌های مختلف

دانه تریتیکاله شده است بطوریکه کمترین درصد پروتئین دانه مربوط به تیمار I با میانگین ۱۸/۹۹ درصد و بیشترین آن مربوط به تیمار WW با میانگین ۲۰/۳۹ درصد می‌باشد. بطوری‌که تیمار I نسبت به

پروتئین دانه

بررسی اثرات آبیاری بر درصد پروتئین دانه در شکل (۷) نشان می‌دهد؛ فاضلاب تصفیه شده شهری باعث افزایش درصد پروتئین

تیمار I₁₀₀ درصد آبیاری با میانگین ۱۹/۱۰ درصد می‌باشد. بطوریکه تیمار I₅₀ درصد آبیاری نسبت به تیمار I₁₀₀ درصد آبیاری در حد ۴/۲۴ درصد افزایش پروتئین دانه داشته است. یا به عبارتی هر چه تنش آبی بیشتر وارد شود، درصد پروتئین دانه افزایش می‌یابد. در این رابطه علیزاده (۱۳۸۳) گزارش کردند، که با افزایش تنش آبی در طی دوره رسیدن دانه‌های گندم میزان پروتئین دانه بالا می‌رود.

تیمار WW در حد ۶ درصد کاهش پروتئین دانه نشان می‌دهد. نتایج مطالعات قنبری و همکاران (۱۳۸۵) در کاربرد فاضلاب شهری در کنار آب چاه در کشت گندم نشان داد که تیمارهای تحت آبیاری با فاضلاب شهری دارای بیشترین درصد پروتئین است. بر اساس نتایج شکل (۸) بیشترین پروتئین دانه مربوط به تیمار I₅₀ درصد آبیاری با میانگین ۱۹/۹۱ درصد و کمترین آن مربوط به



شکل ۷- پروتئین دانه در آبیاری‌های مختلف



شکل ۸- اثر تنش آبی بر درصد پروتئین دانه

در واحد سطح می‌شود.

در خصوص تأثیر تنش آبی، مقایسه میانگین‌های متوسط تعداد سنبله در متر مربع بر اساس شکل (۱۰) نشان می‌دهد که بالاترین تعداد سنبله در متر مربع مربوط به تیمار I₁₀₀ با میانگین ۶۶۶/۱ و کمترین آن مربوط به تیمار I₅₀ با میانگین ۵۵۵ سنبله در متر مربع می‌باشد. بطوری‌که تیمار I₅₀ نسبت به تیمار I₁₀₀ در حد ۱۶/۱۲ درصد کاهش تعداد سنبله در متر مربع داشته است. در این خصوص سلیمانی

تعداد سنبله در متر مربع

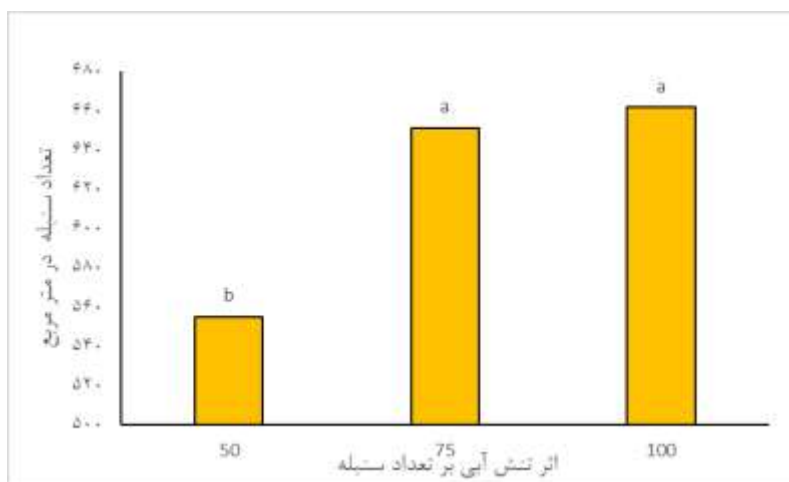
بیشترین تعداد سنبله در متر مربع در شکل (۹) مربوط به سطح آبیاری WW با میانگین ۶۸۰ و کمترین آن مربوط به تیمار I با میانگین ۵۴۸/۴ سنبله در متر مربع می‌باشد. تیمار I نسبت به تیمار WW در حد ۱۹ درصد کاهش تعداد سنبله در متر مربع را نشان می‌دهد. قنبری و همکاران (۱۳۸۵) در پژوهشی نشان دادند که آبیاری گندم با آب فاضلاب باعث افزایش تعداد پنجه‌های بارور و تعداد سنبله

کمترین تعداد سنبله در متر مربع توسط تیمار آبیاری در ۵۰ درصد نیاز آبی به دست آمد.

(۱۳۹۵) طبق پژوهشی که روی گیاه گندم انجام شد نتایج نشان داد، تعداد سنبله در متر مربع ۴۸۸ عدد توسط تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی حاصل شد که اختلاف معنی دار با سایر تیمارهای آبیاری داشت.



شکل ۹- تأثیر نوع آبیاری بر تعداد سنبله در متر مربع



شکل ۱۰- اثر تنش خشکی بر تعداد سنبله در متر مربع

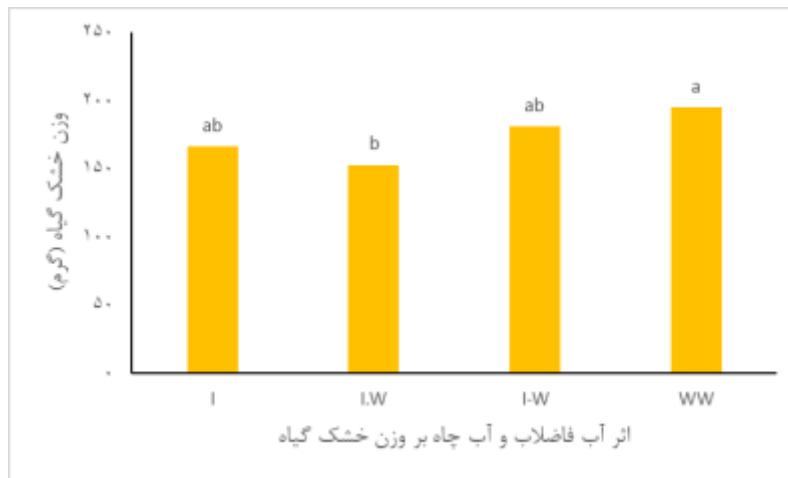
مواد مغذی در فاضلاب تصفیه شده روی وزن گیاه تأثیر گذاشته و باعث افزایش وزن خشک گیاه شده است.

در خصوص تأثیر تنش آبی، مقایسه میانگین‌ها وزن خشک گیاه بر اساس شکل (۱۲) نشان می‌دهد که بالاترین وزن خشک گیاه مربوط به تیمار I₁₀₀ با میانگین ۱۸۵/۴ گرم و کمترین آن مربوط به تیمار I₅₀ با میانگین ۱۵۲/۶ وزن خشک گیاه می‌باشد. بطوریکه تیمار I₅₀ نسبت به تیمار I₁₀₀ در حد ۱۷ درصد کاهش وزن خشک گیاه را نشان می‌دهد. در این راستا هنر و همکاران (۱۳۹۱) بر اساس آزمایشی بر روی گیاه کلزا صورت گرفت گزارش کردند، کم آبیاری باعث کاهش وزن خشک گیاه شده در صورتی که تنش آبی به صورت

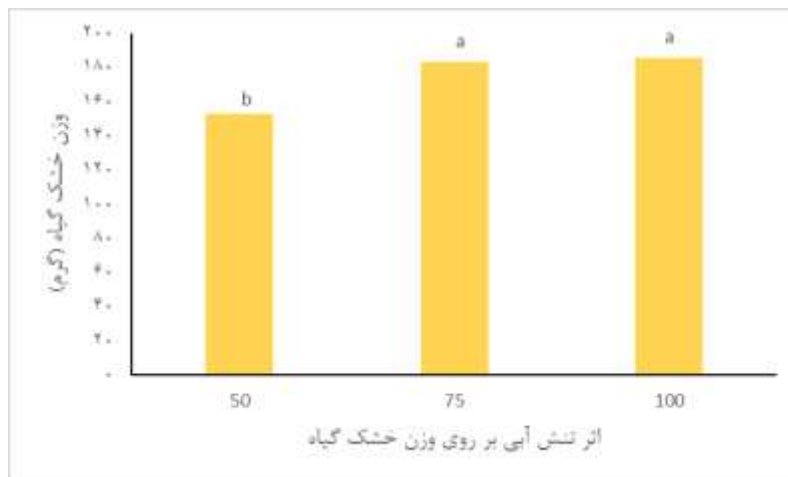
وزن خشک گیاه

وزن خشک تحت تأثیر وزن ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی می‌باشد. پس از این مرحله گرچه برگ‌های گیاه شروع به خشک شدن می‌نمایند، ولی وزن خشک کل بیشتر تحت تأثیر وزن دانه، ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی قرار می‌گیرد، بطوریکه خشک شدن تدریجی برگ‌ها تأثیر چندانی بر وزن خشک کل گیاه ندارد. بطوریکه در شکل (۱۱) نشان می‌دهد بیشترین وزن خشک گیاه مربوط به سطح آبیاری WW با میانگین ۱۹۵/۱ گرم کمترین آن مربوط به تیمار I.W با میانگین ۱۵۲/۷ گرم وزن خشک گیاه می‌باشد. تیمار I.W نسبت به تیمار WW در حد ۲۱ درصد کاهش وزن گیاه را نشان می‌دهد. وجود

پیوسته در طول دوره رشد گیاه وجود داشته باشد باعث کاهش چشمگیر وزن خشک گیاه می‌شود.



شکل ۱۱- تأثیر نوع آبیاری بر وزن خشک



شکل ۱۲- تأثیر تنش آبی بر روی وزن خشک گیاه

افزایش وزن هزار دانه گیاه شده است.

نتیجه گیری

در تنش آبی ۱۰۰ درصد و ۷۵ درصد در عملکرد دانه، تعداد سنبله و تعداد دانه در سنبله تفاوت معنی‌دار مشاهده نشده است، بنابراین تنش در سطح ۷۵ درصد برای عملکرد تریتیکاله توصیه می‌شود. تأثیر تنش آبی بر پروتئین دانه بیشتر از نیاز آبی ۱۰۰ درصد شده است، بطوری‌که تنش آبی ۵۰ درصد نسبت به ۱۰۰ درصد در حد ۴/۲۶ درصد افزایش را نشان می‌دهد. در این صورت پساب و تنش کم آبی سبب افزایش معنی‌دار پروتئین دانه تریتیکاله شده‌اند. بنابراین تأثیر توأم پساب و تنش کم آبی ۷۵ درصد باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه، پروتئین دانه، تعداد سنبله در متر مربع گیاه تریتیکاله شده است. تأثیر توأم آب چاه و تنش کم آبی ۵۰ درصد باعث کاهش معنی‌دار صفات اندازه‌گیری گیاه تریتیکاله شده‌اند، ولی آب چاه موجب

منابع

- ابراهیمی، ح.، و حسن پور درویشی، ح. ۱۳۹۴. (رابطه بین عملکرد ذرت با مصرف آب) نیاز آبی محاسبات و کمبود رطوبت خاک. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. شماره ۴، جلد ۹.
- ارجی، ع. ۱۳۸۲. اثرات تنش خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیکی، ریخت‌شناسی و بیوشیمیایی چند رقم زیتون. پایان نامه دکترای باغبانی دانشگاه تربیت مدرس.
- آمار نامه جهاد کشاورزی سازمان تحقیقات. ۱۳۹۵. آموزش و ترویج کشاورزی ارقام زراعی (گذشته و آینده).

- کمالی، م. ۱۳۸۴. اثر محدودیت رطوبتی در مراحل قبل و بعد از ظهور بساک بر برخی ویژگی های زراعی، عملکرد و اجزای عملکرد تریتیکاله هگزاپلوئید. مجله علوم زراعی ایران. جلد هفتم، شماره ۲ صفحه: ۱۷۲-۱۸۷.
- نریمانی، ح.، ایران نژاد، پ.، کیانی، م.، و قربعلی، ر. ۱۳۹۲. اثر آبیاری با پساب فاضلاب تصفیه شده بر رشد کالچ الدار در جنگلکاری های کارخانه ذوب آهن اصفهان. دومین همایش ملی حفاظت و برنامه ریزی محیط زیست. ۲۴ مرداد ماه. ص ۱۲-۱.
- هنر، ت.، ثابت سروسنایی، ع.، شمس، ش.، سپاهخواه، ع.، و کامگار حقیقی، ع. ۱۳۹۱. اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزاء عملکرد کلزا (رقم طلایه). مجله علوم زراعی ایران. ۱۴ (۴): ۳۲۲-۳۲۰.
- یزدانی، ع.، صفاری، م.، و رنجبر، غ. ۱۳۹۶. اثر آبیاری با فاضلاب شهری تصفیه شده بر عملکرد دانه و تجمع فلزات سنگین در دانه ژنوتیپ های جو، مجله علوم زراعی ایران. ۱۹ (۴): ۲۹۶-۲۸۴.
- Castro, E.M.P., Manas, and De Las Heras J. 2011. Effects of Wastewater Irrigation on Soil Properties and Turfgrass Growth. *Water Since Tech*, 63: 1678-88.
- Ciha, A. 1983. Forage Production of Triticale Relative to Other Spring Grains 1. *Agronomy Journal*, 75(4): 610-613.
- Galavi, M., Jalali, A., Ramroodi, M., Mousavi, S.R., and Galavi, H. 2010. Effects of treated municipal wastewater on soil chemical properties and heavy metal uptake by sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Journal of Agricultural Science*, 2(3): 235.
- Karimzadeh, M., Alizadeh, A. and Mohammadi-Aria M. 2012. The effects of irrigation with wastewater on soil saturation hydraulics conductivity. *Water and Soil Journal* 6: 1547-1553.
- Mousavi, S.R., and Shahsavari, M. 2014. Effects of Treated Municipal Wastewater on Growth and Yield of Maize (*Zea mays*). *Biological Forum – An International Journal*. 2249-3239.
- Ohe, M., Rapolu, M., Mieda, T., Miyagawa, Y., Yabuta, Y., Yoshimura, K., and Shigeoka, S. 2005. Decline in leaf photooxidative-stress tolerance with age in tobacco. *Plant Science*, 168(6): 1487-1493.
- Pandey, R., and Singh J. 2015. Effect of textile factory effluent irrigation on productivity of wheat crop. *Int. J. Sci. Environ. Tech*. 3: 727-736.
- Pettigrew, W.T. 2004. Moisture deficit effects on cotton lint yield, yield components and boll distribution. *Agronomy Journal*. 96: 377-383.
- باقری، ع. ۱۳۸۸. اثر تنش خشکی بر جوانه زنی رشد کارآمد جذب و محتوای نسبی آب برگ در گیاه جو بدون پوشینه. مجله علمی تنش های محیطی در علوم گیاهی، جلد ۱، شماره ۱: ۳۹-۵۳.
- بدیعی، آ.، کاراندیش، ف.، و طباطبائی، س.م. ۱۳۹۵. تاثیر آبیاری با فاضلاب خام و تصفیه شده شهری بر عملکرد گندم و ویژگی های میکروبی خاک و گیاه. مجله دانش آب و خاک ایران. جلد ۲۶ شماره ۴/۲.
- پایان، م.، و سیدین اردبیلی، س.م. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر جایگزینی آرد گندم با آرد چاودار بر زمان ماندگاری نان سنگک. مجله علوم و صنایع غذایی، شماره (۳۳): صفحه ۸۵-۷۷.
- خاشعی سیوکی، ع.، شهیدی، ع.، و چوپان، ی. ۱۳۹۵. بررسی اثر فاضلاب تصفیه شده شهری بر خصوصیات شیمیایی خاک تحت کشت پنبه، دومین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران؛ اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- سلیمانی، ع. ۱۳۹۵. بررسی تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم با استفاده از مدل ET-HS. مجله تنشهای محیطی در علوم زراعی. ۹ (۳) ۲۰۵-۲۱۵.
- شاهسوند حسنی، ح.، و سلطانی نژاد، ن. ۱۳۸۱. ارزیابی و مقایسه صفات کیفی و ارزش نانوائی ژنوتیپ های جدید تریتی پایرم و تریتی کاله و گندم نان، کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات.
- عبدی، م.، و حبیبی، م. ۱۳۹۶. اثر تنش کم آبی بر کیفیت و کمیّت علوفه دو رقم سورگوم علوفه ای در منطقه جیرفت. فصلنامه بوم شناسی گیاهان زراعی جلد ۱۳، شماره ۳، صفحات ۴۰-۳۵.
- علیزاده، ا. ۱۳۸۳. رابطه آب و خاک و گیاه، دانشگاه امام رضا، چاپ چهارم.
- قنبری، ا.، عابدی کویایی، ج.، و طالبی سمیرمی، ج. ۱۳۸۵. اثر آبیاری با پساب فاضلاب تصفیه شده شهری روی عملکرد و کیفیت گندم و برخی ویژگی های خاک در منطقه سیستان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۱۰ (۴): ۷۴-۵۹.
- کاراندیش، ف. ۱۳۹۳. تحلیل روش های زمین آماری در پایش مکانی وضعیت شوری و سدیمی خاک های تحت آبیاری با پساب تصفیه شده شهری. تحقیقات کاربردی خاک، جلد ۲، شماره ۱، صفحه های ۱۱۵ تا ۱۲۵.
- مرادی، پ. ۱۳۸۹. ارزیابی اثر تراکم بوته و تاریخ کاشت بر عملکرد کمی و کیفی تریتی کاله به عنوان کشت دوم در گیلان، پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نبات گرایش زراعت، دانشگاه گیلان.
- ناظری، س.م.، مجنون حسینی، ن.، مظاهری، د.، قنادها، م.، و جلال

Investigation of the Effect of Water Levels and Irrigation with Treatment Wastewater on Yield and Components Yield of Triticale Plant

A. Shahidi^{1*}, F. Forati², A. Khashei Siuki³

Received: Jul.20, 2020

Accepted: Sep.10, 2020

Abstract

Urban wastewater is the most common resource to compensate for water shortages in arid areas. Due to the severe shortage of water resources in Iran, the use and utilization of municipal wastewater and its treatment in agriculture and irrigation is an effective way to meet the water requirements of plants. Therefore, irrigation of forage plants with wastewater is affordable. The experimental design of split plots was implemented as a factorial in a randomized complete block design with three replications in Birjand city wastewater treatment plant. With four irrigation levels (WW, I-W, I.W, I) which include (100% well water, periodicity, 50% well water mixture + 50% wastewater, 100% wastewater), as the main factors, and also, the amount Irrigation water with three levels (I500, I75, I100%) water requirement was considered as sub-factors. The results showed that the treated wastewater with 75% water stress had a significant effect on increasing grain yield, biological yield, number of spikes per square meter and grain protein. Treated wastewater with 100% water requirement compared to other irrigation treatments, has the highest grain yield with an average of 5.4446 tons per hectare. The combined effect of well water and water stress of 50% has significantly reduced the measuring traits of triticale plant, but well water has increased the thousand grain weight.

Keywords: Adaptation to water deficit, Agriculture, Irrigation management, Treated wastewater, Triticale

1- Associate Professor, Department of Sciences and Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand
2- M.Sc. Student, Department of Sciences and Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand
3- Associate Professor, Department of Sciences and Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand
(* - Corresponding Author Email: ashahidi@birjand.ac.ir)